

Pencirian Komunikasi Akustik Ikan Inggu (*Amphiprion ocellaris*) di Pulau Perhentian

Shahriman Mohd Ghazali, Nurulhuda, M. P., Wan Mohd Afiq, W. A. & Mazlan Abd. Ghaffar

Pusat Penyelidikan Ekosistem Marin (EKOMAR), Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor.

*E-mail: shah_mg@ukm.my

ABSTRAK

Kajian kepelbagaian bunyi ikan inggu (*Amphiprion ocellaris*) dengan pendekatan akustik pasif telah dijalankan di persekitaran terumbu karang di Pulau Perhentian pada 1 hingga 9 September 2006. Melalui analisis pemprosesan isyarat, sebanyak 9 parameter bunyi telah diperolehi bagi mencirikan bunyi ikan ini seperti berikut: tempoh panggilan (SD) 87.47 ± 45.18 ms, bilangan denyut per panggilan (PN) 5.54 ± 1.70 ms, tempoh denyut (PD) 20.46 ± 4.25 ms, selang denyut (IPI) 20.18 ± 9.11 ms, sela masa denyut (PP) 37.53 ± 8.28 ms, frekuensi dominan (DF) 554 ± 155 Hz, frekuensi maksimum (MaxF) 602 ± 154 Hz, frekuensi minimum (MinF) 484 ± 157 Hz dan lebar jalur (BW) 117 ± 46 Hz. Hasil menunjukkan bahawa dalam persekitaran semulajadi, ikan *A. ocellaris* adalah spesies yang vokal dan mempunyai ciri bunyi yang berbeza dari segi temporal berbanding spesies lain seperti *A. frenatus* dan *A. clarkii*. Selain itu, ikan inggu ini juga didapati berkebolehan untuk menghasilkan beberapa jenis bunyi yang berlainan dalam konteks komunikasi.

ABSTRACT

A study on the diversity of sound produced by the clown fish (Amphiprion ocellaris) was conducted at the coral reefs of Pulau Perhentian using passive acoustic approach from the 1st to 9th of September 2007. From signal processing analysis, 9 acoustic parameters has been obtained for the sound characterization of this fish. The results are as follows: sound duration (SD) 87.47 ± 45.18 ms, pulse number per call (PN) 5.54 ± 1.70 ms, pulse duration (PD) 20.46 ± 4.25 ms, inter-pulse interval (IPI) 20.18 ± 9.11 ms, pulse period (PP) 37.53 ± 8.28 ms, dominant frequency (DF) 554 ± 155 Hz, maximum frequency (MaxF) 602 ± 154 Hz, minimum frequency (MinF) 484 ± 157 Hz and bandwidth (BW) 117 ± 46 Hz. Results show that in its natural environment, A. ocellaris is a vocal species with temporal sound characteristics

different from those of A. frenatus and A. clarkii. Furthermore, it has the capability to produce several different sounds under the context of communication.

Pengenalan

Lebih daripada 800 spesies ikan daripada 109 famili di seluruh dunia diketahui sebagai vokal. Bunyi dihasilkan dalam konteks tingkah laku yang pelbagai seperti ketika mencari pasangan, makanan, menjaga sarang, persaingan, pertahanan diri dan paling banyak dilaporkan semasa musim pembiakan (Amorim et al., 2003; Mann and Lobel, 1998). Mekanisma pengeluaran bunyi ikan juga berbeza-beza yang melibatkan struktur seperti rangka pektoral, gigi farink dan pundi renang serta boleh dipengaruhi oleh saiz dan jantina (Ladich, 2000). Ikan damsel dari famili Pomacentridae merupakan salah satu kumpulan yang paling besar di antara kumpulan ikan terumbu karang dan terdiri daripada 320 spesies di mana kebanyakannya sangat aktif, bersifat kewilayahan yang agresif (Jones 2005, Sin et al. 1994). Kumpulan ikan Inggus berada di bawah subfamili Amphiprionidae dan terdiri daripada 28 spesies.

Kajian mengenai bunyi yang dihasilkan oleh ikan Inggus telah dilakukan sejak 1930 lagi yang melaporkan penghasilan bunyi di dalam makmal oleh *Amphiprion akallopisos* dan *A. polymnus*. Manakala bagi *A. chrysopterus* dan *A. periderion* pula, bunyi yang dihasilkan dalam konteks tingkah laku telah diuraikan menggunakan parameter tempoh, julat frekuensi dan pengulangan denyutan. Luh & Mok (1986) pula telah menjalankan kajian terhadap penghasilan bunyi oleh *A. clarkii* dan *A. frenatus* di dalam makmal. Setakat ini secara umumnya bunyi ikan Inggus dikenal pasti sebagai jenis 'pop' dan 'chirp' yang merupakan bunyi tipikal bagi ikan dari famili Pomacentridae. Walau bagaimanapun kebanyakan kajian hanya melibatkan cerapan di makmal dan amat sedikit dilaporkan dari lapangan. Lebih menarik lagi, Luh & Mok (1986) juga melaporkan bahawa *A. ocellaris* sebagai spesies yang bukan-vokal sewaktu kajian di makmal. Justeru itu adalah menjadi tujuan kajian ini untuk mengenal pasti ciri-ciri *Amphiprion ocellaris* daripada analisis pemprosesan isyarat dan melihat kepelbagaian bunyi ikan ini di persekitaran liar sekitar Pulau Perhentian. Diharapkan kajian ini dapat membuka perspektif yang baru mengenai konteks penghasilan bunyi secara semulajadi oleh ikan Inggus di lapangan.

Bahan dan Kaedah

Penyempelan bunyi telah dijalankan di sekitar Tanjung Batu Layar, Pulau Perhentian pada kedalaman air 1 hingga 3 meter menggunakan sistem perakam bunyi bawah air yang terdiri daripada unit Hidrofon model DE 100 berjulat frekuensi (7-22 kHz), kabel 16 m, praamplifier dan perakam pita magnetik SONY model TCM 200DV. Menggunakan kaedah SCUBA, hidrofon diletakkan berhampiran dengan sarang ikan (buran laut) tersebut bagi mendapatkan isyarat bunyi yang lebih berkualiti. Bunyi dirakam secara berterusan selama satu jam pada suatu masa. Data bunyi analog seterusnya melalui proses pemprosesan isyarat iaitu penukaran isyarat analog ke digit (.WAV), penurasan (200-2000Hz) dan transformasi fourier pantas (512 sampel) menggunakan peranti kad bunyi dan perisian Syrinx (ver.1.2, John Burt) dan SoundRuler (ver 0.941, Marcos Gridi-Papp)

bagi mendapatkan parameter-parameter temporal dan spektral berikut iaitu tempoh panggilan (SD), bilangan denyut per panggilan (PN), tempoh denyut (PD), selang denyut (IPI), sela masa denyut (PP), frekuensi dominan (DF), frekuensi maksimum (MaxF), frekuensi minimum (MinF) dan lebar jalur (BW). Analisis statistik dengan menggunakan prosedur analisis pengelompokan juga dijalankan ke atas parameter-parameter bunyi tersebut bagi melihat kepelbagaian bunyi yang ada dan menunjukkan jenis pengelompokan adalah secara hierarki.

Hasil

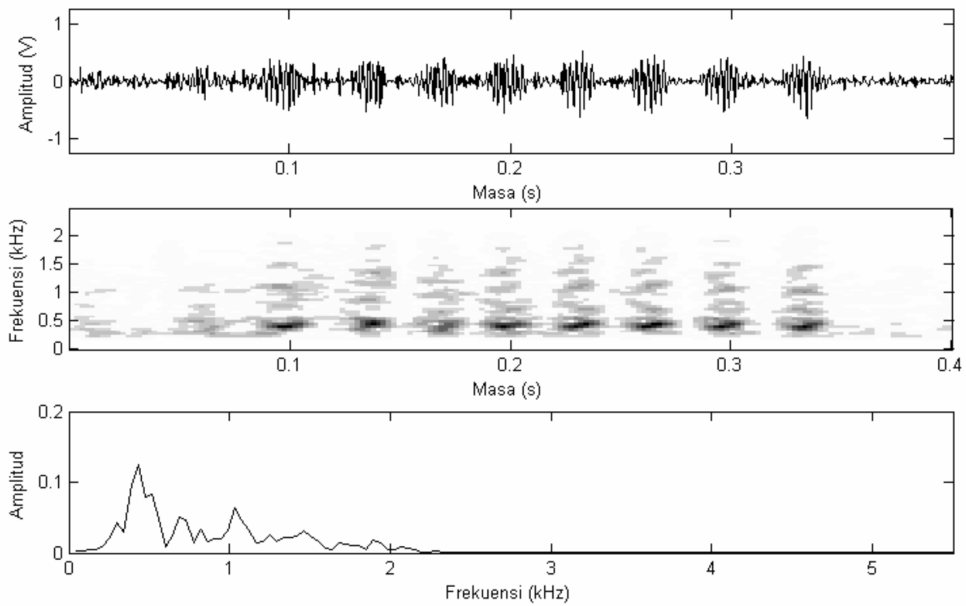
Ciri-ciri Bunyi *Amphiprion Ocellaris*

Daripada data bunyi selama 3 jam yang diperolehi, sebanyak 160 isyarat panggilan dikenal pasti sebagai berkualiti baik (nisbah isyarat/hingar ≥ 10 dB) dan digunakan dalam analisis selanjutnya. Dua jenis bunyi iaitu bunyi ‘chirp’ (3 hingga 11 denyut) dan bunyi ‘pop’ (1 denyut) telah berjaya dirakam. Jadual 1 menunjukkan huraian statistik bunyi ‘chirp’ bagi *Amphiprion ocellaris*. Secara umumnya, bilangan denyut bagi *A. ocellaris* berada dalam julat 3 hingga 11 denyut (multi-denyutan). Nilai min tempoh denyut ialah 20.46 ± 4.25 ms, manakala min selang denyut dan min sela masa denyut pula masing-masing 20.18 ± 9.11 ms dan 37.53 ± 8.28 ms. Min tempoh panggilan pula ialah 87.47 ± 45.18 ms. Manakala parameter frekuensi pula memberi min frekuensi dominan 554 ± 155 Hz; min frekuensi maksimum 602 ± 154 Hz; min frekuensi minimum 484 ± 157 Hz; min lebar jalur 117 ± 46 Hz. Rajah 1 menunjukkan osilogram, spektogram, dan spektrum kuasa bagi ‘chirp’.

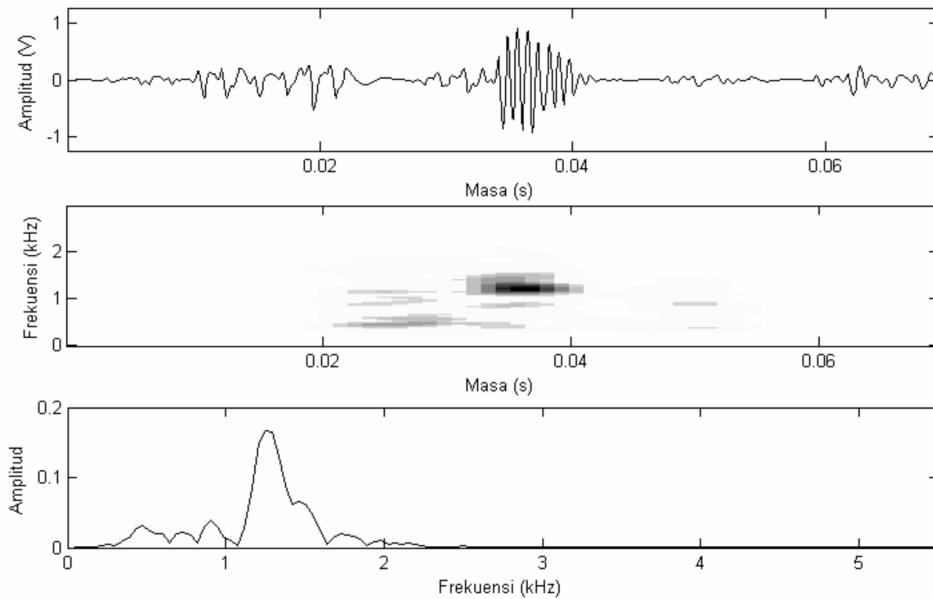
Bagi bunyi ‘pop’ pula sebanyak 24 sampel bunyi telah berjaya diperolehi yang dihuraikan melalui enam parameter bunyi seperti berikut; min tempoh denyut 17.79 ± 6.31 ms; min tempoh panggilan 17.79 ± 6.31 ms; min frekuensi dominan 1037 ± 268 ; min frekuensi maksimum 1071 ± 240 Hz; min frekuensi minimum 906 ± 304 Hz; min lebar jalur 165 ± 155 Hz. Jadual 2 menunjukkan huraian statistik ‘pop’ bagi *A. ocellaris* manakala Rajah 2 pula menunjukkan osilogram, spektogram, dan spektrum kuasa bagi bunyi ‘pop’.

JADUAL 1: Huraian Statistik ‘Chirp’ bagi Bunyi *Amphiprion ocellaris* di Pulau Perhentian

Parameter	Bil Sampel	Min	Sisihan Piawai	Minimum	Maksimum
Bil. denyut/panggilan (PN)	160	5.54	1.7	3	11
Tempoh denyut (PD), ms	160	20.46	4.25	12.19	32.41
Selang Denyut (IPI), ms	160	20.18	9.11	3.58	58.55
Sela masa denyut (PP), ms	160	37.53	8.28	23.49	58.55
Tempoh panggilan (SD), ms	160	87.47	45.18	11.07	303.31
Frekuensi dominan (DF), Hz	160	554	155	333	1162
Frekuensi maksima (MaxF), Hz	160	602	154	361	1191
Frekuensi minimum (MinF), Hz	160	484	157	215	1105
Lebar Jalur (BW), Hz	160	117	46	32	242



RAJAH 1: Osilogram (atas), Spektogram (tengah), dan Spektrum Kuasa (bawah) bagi 'Chirp' *A. ocellaris* (PN = 8, PD = 20.46 ms, IPI = 20.18 ms, PP = 37.53 ms, DF = 554 Hz)



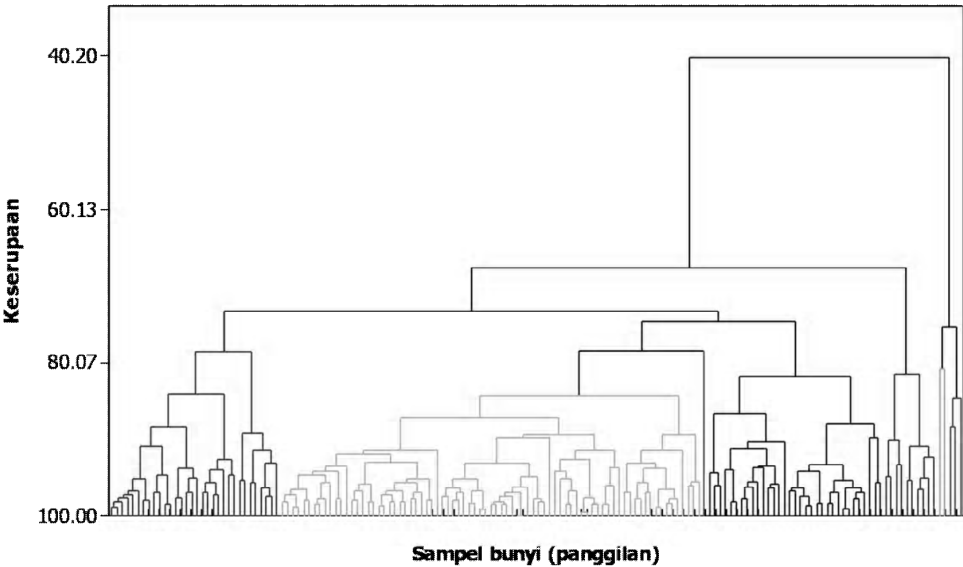
RAJAH 2: Osilogram (atas), Spektogram (tengah), dan Spektrum Kuasa (bawah) bagi Bunyi 'Pop' *A. ocellaris* (PD = 17.79 ms, DF = 1037 Hz)

JADUAL 2: Huraian Statistik ‘Pop’ bagi Bunyi *Amphiprion ocellaris* di Pulau Perhentian

Parameter	Bil sampel	Min	Sisihan piawai	Minimum	Maksimum
Tempoh denyut (PD), ms	24	17.79	6.31	7.07	30.11
Tempoh panggilan (SD), ms	24	17.79	6.31	7.07	30.11
Frekuensi dominan (DF), Hz	24	1037	268	344	1464
Frekuensi maksimum (MaxF), Hz	24	1071	240	559	1464
Frekuensi minimum (MinF), Hz	24	906	304	344	1248
Lebar Jalur (BW), Hz	24	165	155	43	602

Kepelbagaian Bunyi *A. Ocellaris*

Kepelbagaian bunyi dikaji menggunakan prosedur statistik pengelompokan terhadap data parameter bunyi yang telah diperolehi di atas. Pengelompokan adalah berdasarkan kaedah algoritma hierakikal melalui pengukuran dengan setiap nilai dalam parameter siri masa diasingkan satu sama lain. Pengukuran pula menggunakan kaedah pautan purata (linkage average method) dan pengukuran jarak ‘Pearson’. Pada tahap keserupaan 78.64%, kesemua 160 sampel bunyi didapati membentuk tujuh kelompok dengan baik. Jadual 3 menunjukkan ciri-ciri bagi tujuh kumpulan dengan nilai min masing-masing bagi setiap parameter siri masa bunyi yang digunakan. Rajah 3 pula menunjukkan dendogram bagi kelompok tujuh kumpulan ini.



RAJAH 3: Dendogram Kelompok Kumpulan Berdasarkan Siri Masa

JADUAL 3: Nilai Min bagi Tempoh Denyut, Selang Denyut dan Sela Masa Denyut

Kumpulan	I	II	III	IV	V	VI	VII
Bilangan sampel	32	79	1	33	10	2	3
Tempoh denyut (ms)	21.8	21.54	18.29	19.21	14.64	14.91	13.81
Selang denyut (ms)	17.99	19.72	22.43	21.59	35.45	32.81	26.11
Sela masa denyut (ms)	38.2	36.87	37.68	33.89	43.23	36.24	36.24

Perbincangan

Penemuan paling bermakna daripada kajian ini adalah membuktikan bahawa ikan *A. ocellaris* sebenarnya adalah spesies vokal dan bukannya “non-vocal” sepertimana yang telah dilaporkan oleh Luh & Mok (1986). Berkemungkinan disebabkan pemerhatian mereka adalah berdasarkan kajian di makmal semata-mata maka faktor kurungan di dalam tangki telah menyebabkan tekanan yang boleh menjurus kepada perubahan tingkah laku. Perbandingan bunyi *A. ocellaris* dengan spesies ikan inggu lain menunjukkan perbezaan yang agak ketara dengan purata tempoh panggilan *A. ocellaris* (87.47 ms) yang lebih panjang berbanding *A. clarkii* dan *A. frenatus* iaitu sekitar 50 ms sahaja (Chen & Mok 1988). Malah tempoh panggilannya juga melebihi ikan kap, *Cyprinodon bifasciatus* (55 ms) dan ikan duri *Corydoras paleatus* (17.3 ms) (Johnson 2000; Ladich & Pruzsinszky 1998). Walau bagaimanapun tempoh panggilannya adalah jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan ikan tilapia (famili Cichlidae) *Oreochromis mossambicus* yang mempunyai nilai purata 712.3 ms (Amorim et al. 2003)

Julat bilangan denyut bagi *A. ocellaris* adalah lebih kecil (min = 5 denyut) jika dibandingkan dengan spesies Inggu lain seperti *A. clarkii* dan *A. frenatus* iaitu dengan julat 1-17 denyut (Chen & Mok 1988). Manakala min bilangan denyut bagi ikan damsel *Chromis cinerascens* ialah 5 denyut, iaitu berkongsi nilai min denyut sama seperti *A. ocellaris* (Shahriman et al. 2007). Malah lebih rendah berbanding spesies cichlid seperti *Tramitichromis intermedius* dan *Copadichromis conophorus* purata bilangan denyut yang dihasilkan masing-masing sebanyak 10 denyut (Lobel, 1998; Ripley and Lobel, 2005). Tempoh denyut bagi *A. ocellaris* (7-30 ms) juga lebih pendek berbanding *A. clarkii* dan *A. frenatus* ($\approx$ 50ms), yang menunjukkan kadar ulangan yang lebih rendah. Bagi *O. mossambicus* tempoh denyut yang dihasilkan adalah 44.2 ms, tempoh denyut *C. bifasciatus* yang dihasilkan adalah 55 ms dan tempoh denyut *C. cinerascens* (21.03 ms) (Amorim et al. 2003; Johnson 2000; Shahriman et al. 2007). Manakala tempoh denyut bagi *C. paleatus* semasa memikat betina dan ketika berkomunikasi adalah berbeza iaitu 1.1 ms dan 1.8 ms (Ladich & Pruzsinszky 1998).

Bagi parameter selang denyut, julat yang besar bagi *A. ocellaris* (5-60 ms) berbanding *Dascyllus trimaculatus* (8-16 ms) turut menunjukkan kebolehan *A. ocellaris* dalam memanipulasi kadar ulangan denyut justeru kepelbagaian isyarat bunyi. Walau bagaimanapun faktor suhu air dan saliniti yang mampu mempengaruhi parameter bunyi

yang berbeza seperti tempoh panggilan dan sela masa denyut perlu dipertimbangkan sebelum kesimpulan yang lebih muktamad boleh dibuat (Mann & Lobel 1997).

Analisis spektral menunjukkan bahawa frekuensi dominan *A. ocellaris* adalah berbeza di antara jenis bunyi ‘pop’ (1037 Hz) dan ‘chirp’ (554 Hz). Ciri frekuensi tidak banyak berbeza dengan *A. clarkii* (<1500 Hz) dan *A. frenatus* (<1000 Hz) yang turut menghasilkan kedua-dua jenis bunyi ini (Chen & Mok 1988). Bagi kebanyakan ikan damsel, bunyi pop biasanya dihasilkan dalam konteks tingkah laku agresif di antara spesies berlainan berbanding chirp yang dihasilkan sewaktu interaksi sesama spesies dan pembiakan (Lobel and Kerr 1999). Secara umumnya, julat frekuensi isyarat akustik ikan ini menyerupai julat frekuensi bunyi yang biasa bagi ikan-ikan lain iaitu di antara 50 hingga 1000 Hz dengan frekuensi dominan banyak dipengaruhi oleh saiz ikan dan kedalaman air. Ciri-ciri spektral bunyi memainkan peranan yang penting dalam pengenalan diri individu dan spesies tetapi di anggap kurang signifikan dalam komunikasi (Bass and McKibben 2003). Purata frekuensi dominan *C. bifasciatus*, *Tramitichromis intermedius* dan *C. cinerascens* masing-masing adalah 409 Hz, 323 Hz dan 637 Hz (Johnson 2000; Ripley & Lobel 2004; Shahriman et al. 2007). Terdapat spesies ikan ‘anabantoid’ yang menghasilkan frekuensi dominan di antara 800-2500 Hz yang boleh dikatakan agak tinggi. Namun begitu, lazimnya penggunaan isyarat pada frekuensi sebegini oleh ikan dipadankan dengan tahap sensitiviti pendengaran yang juga tinggi (Ladich et al. 1998).

Kesimpulan

Hasil analisis kepelbagaian bunyi menunjukkan bahawa spesies ikan Inggus merupakan spesies yang agak aktif menggunakan komunikasi akustik dalam interaksi ekologi baik sesama sendiri mahu pun di antara spesies. Analisis bunyi memberi implikasi yang penting dalam memahami peranan bunyi *A. ocellaris* dari aspek sumbangannya kepada tahap keseluruhan hingar biologi yang tinggi di persekitaran terumbu karang. Adalah dicadangkan supaya kajian yang lebih terperinci dilakukan terhadap pengeluaran bunyi dalam konteks tingkah laku bagi meningkatkan kefahaman tentang peranan bunyi dalam kitar hayat spesies ini.

Rujukan

- Amorim M.C.P., Fonseca, P.J., Almada, V.C. 2003. Sound production during courtship and spawning of *Oreochromis mossambicus*: male-female and male-male interactions. *J Fish Biol* **62**: 658-672.
- Bass, A.H. & McKibben, J.R. 2003. Neural mechanisms and behaviors for acoustic communication in teleost fish. *Prog Neurobiol* **69**: 1-26.
- Chen, K.C. & Mok, H.K. 1988. Sound production in the Anemonefishes *Amphiprion clarkia* and *A. frenatus* (Pomacentridae), in Captivity. *Japanaese Journal of Ichthyology*. Vol. 35, No. 1
- Johnson, D. L. 2000. Sound production in *Cyprinodon bifasciatus*. *Environmental Biology of Fishes*. **59**: 341-346.

- Jones, K. M. M. 2005. The effect of territorial damselfish (family Pomacentridae) on the space use and behaviour of the coral fish *Halichoeres bivittatus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. **324**: 99-111.
- Ladich, F. & Pruzsinszky, I. 1998. Sound production and reproductive behaviour of the armoured catfish *Corydoras paleatus* (Callichthyidae). *Environmental Biology of Fishes*. **53**: 183-191.
- Ladich, F. & Yan H.Y. 1998. Correlation between auditory sensitivity and vocalization in anabantoid fishes. *J Comp Physiol A -Neuroethol Sens Neural Behav Physiol* **182**(6): 737-746.
- Ladich, F. 2000. Acoustic communication and the evolution of hearing in fishes. *Philos Trans R Soc Lond Ser B-Biol Sci* **355**(1401): 1285-1288.
- Lobel, P.S. 1998. Possible species specific courtship sounds by two sympatric cichlid fishes in Lake Malawi, Africa. *Environ Biol Fishes* **52**(4): 443-452.
- Lobel, P.S. & Kerr L.M. 1999. Courtship sounds of the Pacific damselfish, *Abudefduf sordidus* (Pomacentridae). *Biol Bull* **197**(2): 242-244.
- Luh, H.K. & Mok, H.K. 1986. Sound production in the Domino Damselfish, *Dascyllus trimaculatus* (Pomacentridae) under laboratory conditions. *Japanese Journal of Ichthyology*. **33**: 70-74.
- Mann, D.A. & Lobel, P.S. 1997. Propagation of damselfish (Pomacentridae) courtship sounds. *J Acoust Soc Am* **101**(6): 3783-3791.
- Mann, D.A. & Lobel P.S. 1998. Acoustic behavior of the damselfish *Dascyllus albisella*: behavioral and geographic variation. *Environ Biol Fishes* **51**(4): 421-428.
- Ripley, J.L & Lobel, P.S. 2005. Reproductive behavior of the Lake Malawi cichlid fish, *Tramitichromis intermedius*. *Environ Biol Fishes* **73**(2): 171-180.
- Shahriman, M. G., Nurulhuda, M. P., Wan Mohd Afiq, W. A., & Mazlan, A. G. 2007. Preliminary account on the Acoustic communication of the damselfish *Chromis cinerascens* at the coral reef of Pulau Perhentian. *Proceedings of the Conference on Marine Ecosystem of Malaysia*. 443-448.
- Sin T.M., Teo M.M., Peter Ng K.L., Chou L.M. & Khoo H.W. 1994. The damselfishes (Pisces: Osteichthyes: Pomecentridae) of Peninsular Malaysia and Singapore: systematics, ecology and conservation. *Hydrobiologia*. **285**: 49-58.